

Elektron- en Lae Energiefoton-Kontaminasie van die Stralingsbundel van 'n Theratron 780-Kobalteenheid

W. A. GROENEWALD, E. J. VAN DER MERWE

SUMMARY

While high-energy photon radiation in radiotherapy of deeper tissues has a skin-sparing effect, contamination with electron and low-energy photon radiation can diminish and even abolish this effect. Experiments with perspex, aluminium and copper filters showed that a copper filter effectively diminished the skin dose owing to contaminated radiation.

S. Afr. med. J., 58, 568 (1980).

Die velbesparingseffek van hoë energiefoton-bundels is van besondere belang in radioterapie. Vir ^{60}Co -gammastraling kom die maksimum geabsorbeerde dosis in weefsel op 'n diepte van ongeveer 5 mm op die middelas van die fotonbundel voor, terwyl die vel 'n relatiewe lae geabsorbeerde dosis ontvang.

Eksperimentele bevindings toon dat elektron- en lae energiefoton-kontaminasie van die stralingsbundel die velbesparingseffek aansienlik verklein en dit selfs kan uit-skakel.¹⁻⁶

Die effekte van kontaminasie van die fotonbundel van 'n Theratron 780-kobalteenheid is eksperimenteel onder-soek. Die persentasie dieptedosiswaardes is met behulp van geskikte ionisasiekamers in die opbougebied gemeet. Hierdie metings is op die middelas van die bundel en by 'n aantal punte binne en buite die geometriese kant van die bundel uitgevoer.

EKSPERIMENTELE OPSTELLING

'n Plaaslik vervaardigde ionisasiekamer en 'n kommersiële SHM-ionisasiekamer, beide met vlakparallele elektrodes, is vir die metings in die opbougebied gebruik. Die plaaslik vervaardigde ionisasiekamer het 'n elektrodegaping van 2 mm en 'n gealuminiseerde poliësterfilm-venster met 'n oppervlaktedigtheid van $3 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-2}$. Die SHM-ionisasiekamer het 'n elektrodegaping van 1 mm en 'n gealuminiseerde mylarvenster met 'n oppervlaktedigtheid van $2 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-2}$. 'n Aangelegde spanning van 140 V is vir beide ionisasiekamers gebruik. Die ioonstroom wat deur die ionisasiekamers vloei, is met behulp van 'n Keithley 616-elektrometer gemeet.

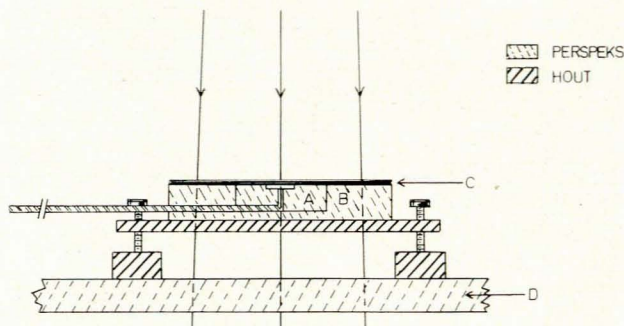
Departement Geneeskundige Fisika, Tygerberg-hospitaal, Parowvallei, KP

W. A. GROENEWALD, PH.D.
E. J. VAN DER MERWE, PH.D.

Ontvangsdatum: 23 Januarie 1980.

Ontleen aan Ph.D.-verhandeling van W. A. Groenewald, Universiteit van Stellenbosch, 1979.

Beide die plaaslik vervaardigde en die SHM-ionisasiekamer pas stewig in 'n perspeksfantoom met 'n volume van $380 \times 380 \times 70 \text{ mm}^3$ (Afb. 1). Poliësterfilms is as opboumateriaal gebruik. Die dikte van die films was $1,77 \pm 0,02 \times 10^{-1} \text{ mm}$. 'n Gemiddelde digtheid van $1,41 \pm 0,01 \text{ g.cm}^{-3}$ en 'n oppervlaktedigtheid van $2,53 \pm 0,03 \times 10^{-2} \text{ g.cm}^{-2}$ is uit die bepaling van die volume en die massa van 'n aantal films bereken. Die oppervlaktedigtheid van die films is as 'n ekwivalente dikte vir die bepaling van die persentasie dieptedosiswaardes in die opbougebied van weefsel-ekwivalente materiale, bv. water, beskou. Die bron-oppervlakafstand is tydens meting konstant gehou.



Afb. 1. Eksperimentele opstelling vir die meet van persentasie dieptedosiswaardes (A = ionisasiekamer; B = perspeksfantoom; C = poliësterfilms; en D = behandelingsbed).

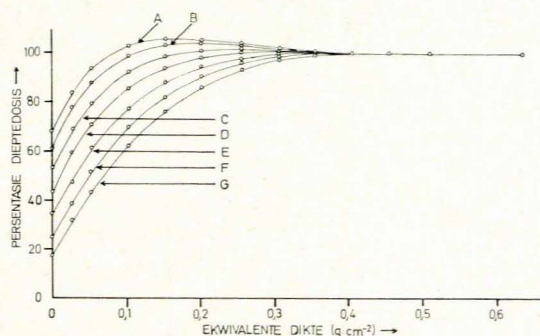
METODES EN RESULTATE

Persentasie Dieptedosiswaardes

Die persentasie dieptedosiswaardes in die opbougebied van die film-perspeksfantoom is vir 'n reeks bundelgroottes oor die bereik van $50 \times 50 \text{ mm}^2$ tot $350 \times 350 \text{ mm}^2$ bepaal. 'n Konstante bron-oppervlakafstand van 800 mm is gehandhaaf. Die gemete ioonstroom oor die dieptebereik $0,43 \text{ g.cm}^{-2}$ - $0,46 \text{ g.cm}^{-2}$ is as die 100%-waarde vir die berekening van die persentasie dieptedosiswaardes gebruik.

Die eksperimenteel bepaalde persentasie dieptedosiswaardes word grafies in Afb. 2 as 'n funksie van die ekwivalente dikte voorgestel. In die geval van die $50 \times 50 \text{ mm}^2$ -bundel is 'n oppervlaktedosis van 16,7% verkry. Die dieptedosiskurwes vir bundelgroottes van $50 \times 50 \text{ mm}^2$, $100 \times 100 \text{ mm}^2$, $150 \times 150 \text{ mm}^2$ en $200 \times 200 \text{ mm}^2$ styg geleidelik in die opbougebied. Vir bundelgroottes van $250 \times 250 \text{ mm}^2$, $300 \times 300 \text{ mm}^2$ en $350 \times 350 \text{ mm}^2$, daarenteen, word dieptedosiswaardes groter as 100% in

die opbougebied waargeneem. So, byvoorbeeld, is die maksimum dieptedosiswaarde vir 'n $250 \times 250 \text{ mm}^2$ -bundel 102% by 'n ekwivalente dikte van $0,26 \text{ g.cm}^{-2}$, terwyl die $350 \times 350 \text{ mm}^2$ -bundel 'n maksimum dieptedosiswaarde van 106% by 'n ekwivalente dikte van $0,15 \text{ g.cm}^{-2}$ het.



Afb. 2. Persentasie dieptedosiskurwes in die opbougebied (A = $350 \times 350 \text{ mm}^2$; B = $300 \times 300 \text{ mm}^2$; C = $250 \times 250 \text{ mm}^2$; D = $200 \times 200 \text{ mm}^2$; E = $150 \times 150 \text{ mm}^2$; F = $100 \times 100 \text{ mm}^2$; en G = $50 \times 50 \text{ mm}^2$).

Die spits in die opbougebied en die hoë persentasie oppervlakdosiswaardes wat vir die groot bundels waargeneem word, kan aan kontaminasie van die fotonbundel deur elektrone en lae energiefotone toegeskryf word. Hierdie elektrone en lae energiefotone word vrygestel wanneer die hoë energiefotone wat deur die verval van die ^{60}Co gelewer word met die materiaal van die bron en die kollimatorstelsel Compton-wisselwerking veroorsaak.

In die eksperiment hierbo beskryf, is die fantoom op 'n afstand van 350 mm vanaf die kollimatorstelsel opgestel. In die praktyk word gewoonlik aanvaar dat enige voorwerp in die bundel minstens 150-200 mm vanaf die vel oppervlak moet wees om te voorkom dat elektrone wat in sulke voorwerpe vrygestel word die vel bereik.⁶ Hierdie praktyk is ondoeltreffend en 'n alternatiewe metode moet gevind word om kontaminasie van die bundel te verminder.

Persentasie Oppervlakdosiswaardes

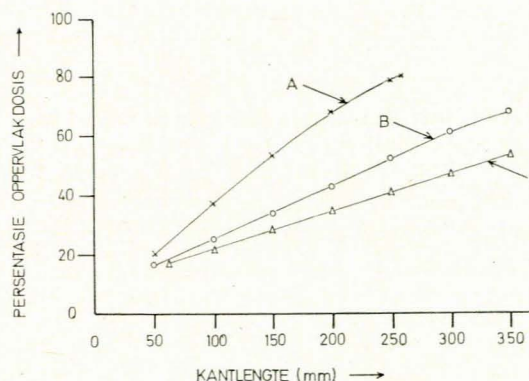
Die persentasie oppervlakdosiswaardes is vir bron-oppervlakafstande van 600 mm, 800 mm en 1 000 mm vir 'n reeks bundelgroottes bepaal. Die metings is uitgevoer deur lesings sonder films en met 18 filmdiktes op die perspeksfantoom te neem. Vir die doel van hierdie metings is die vensterdiktes van beide ionisasiekamers as weglaatbaar klein beskou.

Die eksperimentele waardes word grafies in Afb. 3 as 'n funksie van die kantlengte van die bundel voorgestel met die bron-oppervlakafstand as parameter. Afb. 3 toon dat die persentasie oppervlakdosie vir 'n bepaalde bron-oppervlakafstand toeneem met 'n toename in die kantlengte van die bundel.

Die persentasie oppervlakdosie by enige bepaalde bundelgrootte neem toe met afname in die bron-oppervlakafstand. Hierdie waarneming kan waarskynlik toegeskryf word aan 'n toename in die aantal elektrone wat die ionisasiekamer by die kleiner bron-oppervlakafstande bereik.^{4,5}

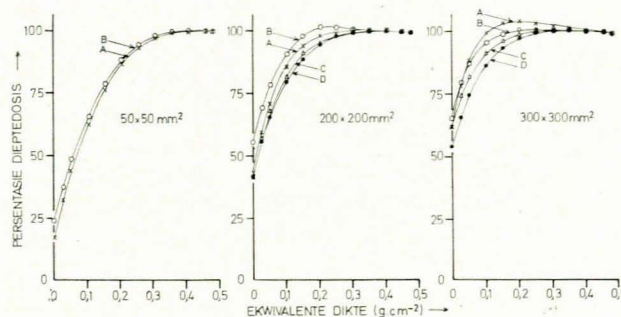
Filtereffek

Om die kontaminasie van die bundel te verminder is perspeks-, aluminium- en koperfilters in die bundel geplaas. Die persentasie dieptedosiswaardes is vir elk van bogenoemde filters gemeet. Die dikte van die perspeksfilter was 5 mm en dié van die aluminium- en die koperfilters 3 mm.



Afb. 3. Grafiese voorstelling van die persentasie oppervlakdosie as 'n funksie van die kantlengte van die bundel vir verskillende bronoppervlakafstande (A = 600 mm; B = 800 mm; en C = 1 000 mm).

Afb. 4 toon die resultate van die metings met en sonder die verskillende filters. Die perspeksfilter veroorsaak in die geval van die $50 \times 50 \text{ mm}^2$ -bundel 'n geringe verhoging in die persentasie oppervlakdosie, terwyl die vorm van die opboukurwe onveranderd bly. Vir die $200 \times 200 \text{ mm}^2$ -bundel word 'n toename in die persentasie oppervlakdosie en dieptedosis in die opbougebied waargeneem. Vir die $300 \times 300 \text{ mm}^2$ -bundel word 'n geringe toename



Afb. 4. Persentasie dieptedosiskurwes in die opbougebied met verskillende filters in die bundel (A = sonder 'n filter; B = met 'n perspeksfilter; C = met 'n aluminiumfilter; en D = met 'n koperfilter).

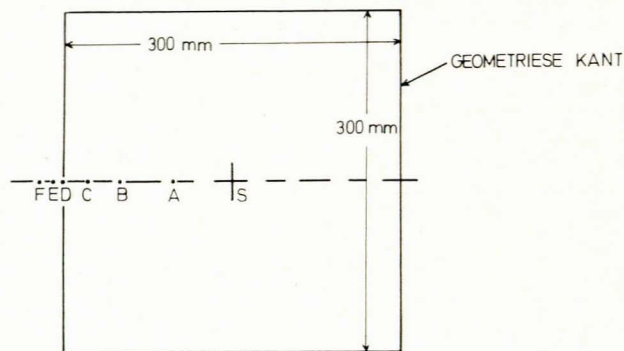
in die persentasie oppervlakdosiss waargeneem, terwyl die dosisspits, wat sonder 'n filter waargeneem word, verdwyn.

Met 'n aluminiumfilter in die bundel word die persentasie oppervlakdosiss vir die $200 \times 200 \text{ mm}^2$ - en die $300 \times 300 \text{ mm}^2$ -bundels verminder, terwyl die dosisspits verwyder word. Die koperfilter het dieselfde effek. Die persentasie oppervlakdosiss word egter verminder tot waardes laer as die ooreenstemmende waardes wat met 'n aluminiumfilter gemeet word.

Bogenoemde resultate toon dat koper in vergelyking met perspeks en aluminium die doeltreffendste filtermateriaal is om die kontaminasie van die bundel te verminder. Hierdie resultaat stem met die bevindings van Baum en Phillips,¹ Leung e.a.⁴ en Haybittle⁷ ooreen. Die resultaat kan verklaar word deur die feit dat die differensiële deursnee vir die verstrooiing van elektrone in 'n medium toeneem met toenemende atoomgetal van die medium. Indien 'n filtermateriaal met 'n baie hoë atoomgetal gebruik word, sal remstraling in die filter opgewek word. 'n Filtermateriaal met 'n medium atoomgetal behoort dus optimum filtrasie te lewer.

Persentasie Dieptedosiswaardes by Posisies Binne en Buite die Bundel

Die persentasie dieptedosiswaardes is by 'n aantal posisies binne en buite 'n $300 \times 300 \text{ mm}^2$ -bundel bepaal. Die middelpunt van die ionisasiekamer is opgestel by die verskillende posisies (Afb. 5).

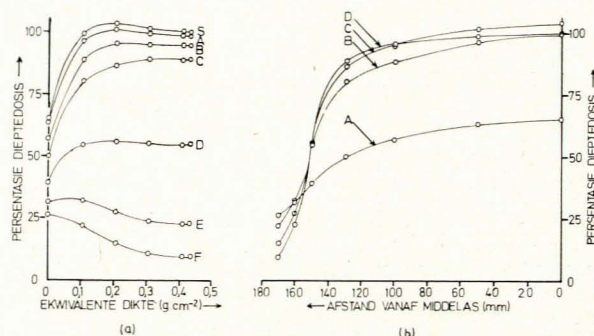


Afb. 5. Die verskillende meetposisies binne en buite die bundel (AS = 50 mm; BS = 100 mm; CS = 130 mm; DS = 150 mm; ES = 160 mm; en FS = 170 mm).

In Afb. 6(a) word die persentasie dieptedosiswaardes grafies as funksies van die ekwivalente dikte voorgestel, met die afstand van die meetposisie vanaf die middel as parameter. 'n Opbou-effek word by al die meetposisies binne en op die geometriese kant van die bundel waargeneem. By die twee posisies buite die bundel verdwyn die opbou-effek egter. Hierdie verskynsel is toe te skryf aan elektrone en lae energiefotone wat uit die bundel verstrooi word.⁵ In die praktyk beteken dit dat die ge-

absorbeerde dosis aan die vel buite die geometriese bundelpad verhoog word.

In Afb. 6(b) word die persentasie dieptedosiswaardes grafies as funksies van die meetposisie vanaf die middel as voorgestel, met die ekwivalente dikte van die opboumateriaal as parameter. Die persentasie dieptedosiswaardes groter as 100% word tot op 'n afstand van 65 mm vanaf die middel van die bundel waargeneem, d.w.s. oor 'n oppervlakte van ongeveer $130 \times 130 \text{ mm}^2$.



Afb. 6 (a) — persentasie dieptedosiswaardes vir 'n $300 \times 300 \text{ mm}^2$ -bundel by die verskillende meetposisies (S, A, B, C, D, E, en F); (b) — bundelprofiel vir 'n $300 \times 300 \text{ mm}^2$ -bundel vir die volgende ekwivalente diktes: A = op die oppervlak; B = $1,0 \times 10^{-1} \text{ g.cm}^{-2}$; C = $2,1 \times 10^{-1} \text{ g.cm}^{-2}$; en D = $4,3 \times 10^{-1} \text{ g.cm}^{-2}$.

BESPREKING

Kontaminasie van die fotonbundel van die Theratron 780-kobalteenheid kom wel onder bepaalde omstandighede voor. Hierdie bevinding word duidelik deur die toename in persentasie oppervlakdosisswaardes met toename in die bundelgrootte aangetoon. Vir bundels groter as $200 \times 200 \text{ mm}^2$ word waardes van selfs groter as 100% in die opbougebied waargeneem. Dit is duidelik dat die velbesparingseffek verlore gaan indien bundels groter as $200 \times 200 \text{ mm}^2$ vir radioterapie gebruik word.

Die resultate van die metings met perspeks-, aluminium- en koperfilters toon dat 'n koperfilter die dosisspits in die opbougebied vir die groot bundels doeltreffend verwyder en die persentasie oppervlakdosiss aansienlik verminder. Die gebruik van 'n koperfilter word daarom ten sterkste aanbeveel.

VERWYSINGS

1. Baum, J. W. en Phillips, L. F. (1974): *Phys. in Med. Biol.*, **19**, 223.
2. Gray, L. (1973): *Radiology*, **109**, 437.
3. Jayachandran, C. A. (1976): *Brit. J. Radiol.*, **49**, 563.
4. Leung, P. M. K., Sontag, M. R., Maharaj, H. et al. (1976): *Med. Phys.*, **3**, 169.
5. Smith, W. C. en Sutherland, W. H. (1976): *Brit. J. Radiol.*, **49**, 562.
6. Johns, H. E. en Cunningham, J. R. (1969): *The Physics of Radiology*, 3de uitg., bl. 124. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas.
7. Haybittle, J. L. (1955): *Acta radiol. (Stockh.)*, **44**, 505.